Hukum Gravitasi

A. HUKUM NEWTON TENTANG GRAVITASI

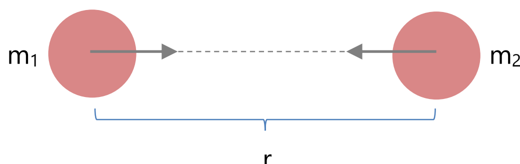
- **Gaya gravitasi** tergolong menjadi gaya tidak sentuh.

> **Gaya gravitasi** antara dua benda adalah gaya tarik-menarik dan harganya berbanding lurus dengan massa masing-masing benda, dan berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara keduanya.

- **Persamaan umum** gaya gravitasi untuk dua benda sejajar yang memiliki jarak menurut hukum Newton adalah:

$$F_g = G\,\frac{m_1.m_2}{r^2}$$

F_g = resultan gaya gravitasi (N)
G = tetapan gravitasi ($N.m^2/kg^2$)
m = massa benda (kg)
r = jarak kedua pusat benda (m)



- **Tetapan gravitasi** ditemukan oleh seorang ilmuwan Inggris, Henry Cavendish pada 1798 menggunakan neraca torsi, sehingga diketahui memiliki nilai:

$$G = 6{,}672 \times 10^{-11}\ N.m^2kg^{-2}$$

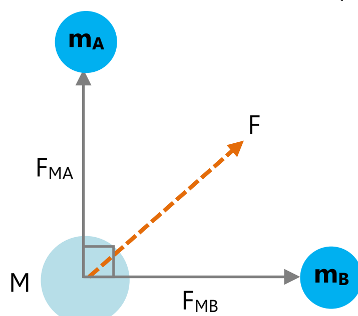
- **Massa sebuah planet/benda** yang sangat besar terhadap sebuah benda yang lebih kecil dapat dihitung:

$$M = \frac{F_g.r^2}{G.m}$$

M = massa planet (kg)
F_g = resultan gaya gravitasi (N)
r = jarak kedua pusat benda (m)
G = tetapan gravitasi
m = massa benda (kg)

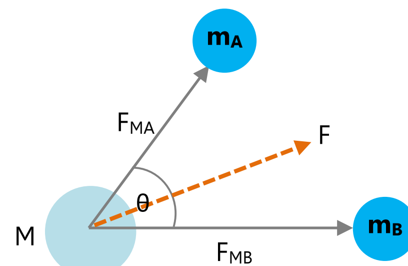
- **Apabila sebuah benda** mengerjakan dua atau lebih gaya gravitasi, digunakan konsep vektor:

1) Membentuk sudut siku-siku terhadap benda



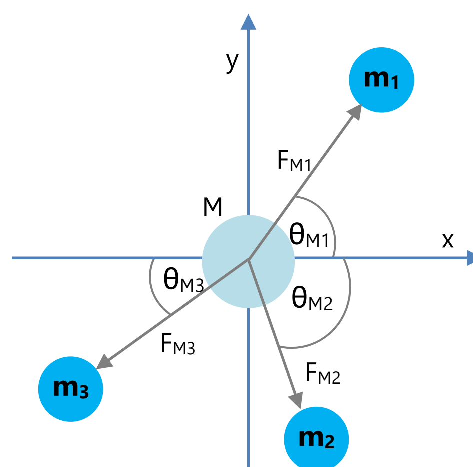
$$F = \sqrt{F_{MA}^2 + F_{MB}^2}$$

2) Membentuk sudut selain siku-siku terhadap benda



$$F = \sqrt{F_{MA}^2 + F_{MB}^2 + 2F_{MA}.F_{MB}.\cos\theta}$$

3) Tiga benda atau lebih



$\Sigma F_x = F_{x_1} \pm F_{x_2} \pm \ldots F_{x_n}$	$F_x = F.\cos\theta$
$\Sigma F_y = F_{y_1} \pm F_{y_2} \pm \ldots F_{y_n}$	$F_y = F.\sin\theta$

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

B. MEDAN GRAVITASI

- **Medan gravitasi** adalah medan yang menyebar dari benda bermassa dan memenuhi ruang di sekitarnya yang berupa gaya gravitasi.
- **Berarti**, benda bermassa lain yang terdapat dalam medan tersebut **akan mengalami** gaya gravitasi.
- **Gaya gravitasi bumi** membuat seluruh benda yang ada di medan gravitasinya akan tertarik menuju pusat bumi.
- **Kuat medan gravitasi** didefinisikan sebagai gaya gravitasi per satuan massa benda dalam suatu medan, dapat dirumuskan:

$$g = \frac{F}{m} \qquad g = \frac{G.M}{r^2}$$



- **Kuat medan gravitasi** dapat dianggap sebagai **percepatan gravitasi** apabila suatu benda tidak dalam keadaan diam.
- **Gaya dan percepatan gravitasi** berbanding terbalik dengan ketinggian/jarak benda/titik terhadap pusat gravitasi.
- **Percepatan gravitasi** di berbagai ketinggian di bumi berbeda-beda, dapat dihitung:

$$g = \frac{G.M}{(R+h)^2}$$

R = jari-jari bumi (m)
h = ketinggian benda dari permukaan bumi (m)

$$g' = \left(\frac{R}{R+h}\right)^2 g$$

g' = percepatan gravitasi di ketinggian h (m/s^2)
g = percepatan gravitasi di permukaan bumi (m/s^2)

- **Perbandingan percepatan gravitasi** di permukaan bumi dengan suatu ketinggian berlaku dalam persamaan:

$$\frac{g'}{g} = \left(\frac{R}{R+h}\right)^2$$

- Sama halnya dengan gaya gravitasi, dua atau lebih percepatan gravitasi yang bekerja di suatu titik/benda dapat dihitung resultannya dengan konsep vektor.
- **Data penting** tentang ukuran-ukuran yang berhubungan dengan astronomi:

Besaran	Nilai
Massa matahari	$2{,}0 \times 10^{30}$ kg
Massa bumi	$6{,}0 \times 10^{24}$ kg
Jari-jari bumi	$6{,}4 \times 10^{6}$ m
Jari-jari orbit bumi terhadap matahari	$1{,}5 \times 10^{11}$ m
Periode revolusi bumi terhadap matahari	1 tahun atau $3{,}0 \times 10^{7}$ s

C. APLIKASI HUKUM GRAVITASI NEWTON

- **Perbandingan percepatan gravitasi** antara dua buah planet berlaku dalam persamaan berikut:

$$\frac{g_B}{g_P} = \left(\frac{m_B}{m_P}\right).\left(\frac{R_P}{R_B}\right)^2$$

- **Jika massa jenis planet diketahui**, maka dapat diubah menjadi massa:

$$\rho = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi r^3} \qquad m = \rho.\frac{4}{3}\pi r^3$$

selanjutnya dari rumus diatas dapat dibuat perbandingan.

- **Gaya gravitasi** berperan sebagai **gaya sentripetal** planet, yang menjaga agar planet tetap mengitari matahari pada orbitnya.

$$F_g = F_s \qquad \frac{GMm}{R^2} = \frac{mv^2}{R} = m\omega^2 R$$

- **Percepatan sentripetal** planet menjaga planet agar tetap mengitari matahari pada orbitnya.

$$a_s = \frac{v^2}{r} \qquad a_s = \omega^2.r$$

- **Kelajuan orbit** planet dalam mengitari matahari:

$$v = \frac{2\pi.R}{T}$$

T = periode revolusi planet terhadap matahari (s)

- **Kelajuan satelit** mengorbit planet:

a. Dekat permukaan

$$v = \sqrt{g.R_p}$$

v = kelajuan satelit (m/s)
g = percepatan gravitasi (m/s^2)
R_P = jari-jari planet (m)

b. Jauh dari permukaan

$$v = \sqrt{\frac{G.M}{R}} \qquad v = \sqrt{\frac{g.R_p^2}{R}}$$

R_P = jari-jari planet (m)
R = ketinggian orbit satelit (m)

D. HUKUM KEPPLER

- **Hukum Keppler I** (hukum lintasan elips):

Planet bergerak mengelilingi matahari pada lintasan elips dengan matahari berada di salah satu titik fokus elips.

- **Hukum Keppler II** (hukum gerak planet):

Garis khayal yang menghubungkan matahari dengan planet memiliki luas juring yang sama dalam waktu yang sama.

- **Hukum Keppler III** (hukum harmonik):

Perbandingan kuadrat periode terhadap pangkat tiga dari jari-jari elips adalah konstan untuk semua planet.

- **Hukum Keppler III** dapat dirumuskan:

$$\frac{T^2}{R^3} = k$$

T = periode revolusi planet (s)
R = jari-jari orbit planet (m)
k = nilai konstan

jika dihubungkan dengan **hukum gravitasi Newton**, didapat persamaan untuk konstanta:

$$k = \frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$$



E. KEKEKALAN ENERGI MEKANIK PADA GRAVITASI

- **Gaya gravitasi** mempengaruhi gaya berat benda di bumi.

  $$w = m.g$$

- **Usaha gravitasi** adalah usaha yang dilakukan gaya gravitasi untuk memindahkan sebuah massa dari suatu ketinggian ke ketinggian lain, dapat dirumuskan:

  $$W_g = GMm\left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1}\right)$$

- **Setiap benda bermassa** bila dipengaruhi medan gravitasi benda lain, maka benda tersebut akan mempunyai energi potensial gravitasi.
- **Energi potensial gravitasi** didefinisikan sebagai hasil kali potensial gravitasi dengan massa benda.

  dengan beda potensial gravitasi sebesar:

  $$V = -\frac{G.M}{r}$$

  dan E_p = V.m, maka energi potensial gravitasi,

  $$E_p = -\frac{GMm}{r}$$

